

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE-MER

CENTRE DE FORT-LAMY

OBSERVATIONS SUR LE REGIME HYDRIQUE COMPARE
D'UN SOL FERRUGINEUX TROPICAL FAIBLEMENT LESSIVE
SOUS SAVANE ET SOUS CULTURE (arachide et pénicillaire)

P. AUDRY

Maître de Recherches

Communication présentée au COLLOQUE SUR LA
FERTILITE DES SOLS TROPICAUX .
(Tananarive 19-25 novembre 1967)

OBSERVATIONS SUR LE REGIME HYDRIQUE COMPARE
D'UN SOL FERRUGINEUX TROPICAL FAIBLEMENT LESSIVE
SOUS SAVANE ET SOUS CULTURE (arachide et pénicillaire)

P. AUDRY

Maître de Recherches
de
l'Office de la Recherche Scientifique et Technique
Outre-Mer

Pédologue au Centre ORSTOM de FORT-LAMY, Tchad.

Les résultats présentés ici sont extraits d'une étude en cours des relations entre la dynamique de trois types génétiques de sols bien drainés ,Ferrugineux Tropical faiblement lessivé et lessivé et Faiblement Ferrallitique (I) et leurs conditions d'évolution (2 - 3).

Cette étude est poursuivie comparativement sur le sol maintenu sous son couvert végétal naturel pris comme référence en tant que terme d'équilibre - ou tendant du moins vers un tel état - , et le sol sous exploitation agricole considéré comme soumis à une rupture d' équilibre .

Dans ces deux cas, on étudie parallèlement l'évolution en fonction du temps des éléments suivants, dans les horizons des sols :

- . pédoclimat : régime hydrique et régime thermique
- . matières organiques
- . caractéristiques physico-chimiques .

Par l'établissement de relations entre ces différentes données, on se propose de rechercher des lois plus générales exprimant les rapports entre la différenciation morphologique des profils, les facteurs d' évolution et la dynamique des sols : d'une part pour la compréhension même de cette dynamique caractérisant les types de sols considérés ; d'autre part pour tenter de préciser leur évolution pédogénétique . Dans le cas particulier des modifications aux conditions naturelles apportées par la mise en culture, on se propose de déterminer la nature et l'importance des perturbations qui s'ensuivent pour la dynamique et l'évolution des sols .

Située dans cette conception générale , la présente note ne constitue donc que l'analyse sur deux années , du régime hydrique d'un sol Ferrugineux Tropical faiblement lessivé, en tant qu'élément du pédoclimat et facteur d'évolution du sol. Il est inutile de mentionner que les résultats rapportés ne sont que partiels et souvent inégaux car ils correspondent au stade d'essai méthodologique et d'approche des problèmes de ce programme de travail .

Après avoir exposé les données générales essentielles relatives au milieu et au sol , nous décrivons rapidement les techniques de mesures utilisées sur le terrain et les méthodes d'interprétation . Certains résultats seront ensuite présentés et discutés sous deux rubriques principales bien que correspondant à des problèmes indissociables : consommation d'eau par la végétation naturelle et les cultures, caractérisation comparée du régime hydrique des sols et conséquences probables de la dynamique de l'eau mise en évidence . Des considérations critiques permettront enfin de conclure en précisant l'orientation des travaux poursuivis.

I - DONNEES GENERALES

I . Le milieu et les sols .

Les périmètres d'étude sont implantés sur la ferme administrative de DILBINI , située dans la Cuvette Tchadienne par 12°05 de latitude Nord et 17°04 de longitude Est, soit à peu près 220 kilomètres plein Est de FORT-LAMY .

Le climat est de type sahélo-soudanais , caractérisé par une pluviométrie moyenne annuelle de 590mm répartie sur 4 mois, et une température moyenne annuelle de 28°C .

Les matériaux originels des sols de cette région, sont des alluvions anciennes réparties dans le modelé suivant le schéma classique suivant :

- . des plaines sableuses à sablo-argileuses, faiblement ondulées, occupent une grande partie du paysage et sont différenciées en Sols Ferrugineux Tropicaux faiblement lessivés , objet de la présente étude .
- . des plaines basses argileuses, localement organisées en réseau, et fonctionnant en mares temporaires sont différenciées en Vertisols et Sols Hydromorphes à Gley .
- . à la limite de ces deux ensembles, correspondant aux zones de concentration des nappes et admettant un drainage externe , on observe des Solonetz Solodisés sur un matériau imperméable de texture intermédiaire .

La végétation des Sols Ferrugineux Tropicaux est une savane arborée claire à *Sclerocarya birrea* et *Combretum aff. glutinosum* avec une strate arbustive peu dense à dominance de *Guiera senegalensis* et quelques *Boscia senegalensis*. La strate herbacée, essentiellement annuelle, comprend un mélange de graminées, rubiacées, papilionacées

Dans les périmètres d'étude, les pentes sont inférieures à 3,5‰ et on peut considérer le ruissellement comme nul dans les conditions de l'expérience.

Ces Sols Ferrugineux Tropicaux sont en fait développés sur un matériau antérieurement différencié pédologiquement et plus précisément sur d'anciens profils lessivés tronqués ; ceci leur confère quelques particularités.

La succession d'horizons est pourtant classique : de 0 à 10 cm un horizon humifère lessivé, sableux et faiblement structuré surmonte un ensemble d'horizons lessivés atteignant 70 à 80 cm de profondeur ; le lessivage actuel se traduit par une porosité lacunaire surtout localisée autour des éléments de la structure polyédrique faiblement développée, tandis que le fort gradient du taux d'argile (fig. 1 a) sur 0-50 cm est surtout imputable à l'évolution pédologique ancienne. Le passage aux horizons d'accumulation est progressif ; la différenciation maximum du B est observée autour de 150 cm, avec une structure polyédrique plus développée et une porosité plus faible, de type tubulaire ; on note la présence presque constante de raies jusqu'à cette profondeur. Le matériau originel se situe autour de 200 cm. Cette succession des horizons est schématisée dans la figure 1, parallèlement aux variations évoquées d'argile et porosité et aux profils d'humidité au pF 4,2 et de capacité de rétention pour l'eau après ressuyage (m) auxquels il sera fait référence par la suite.

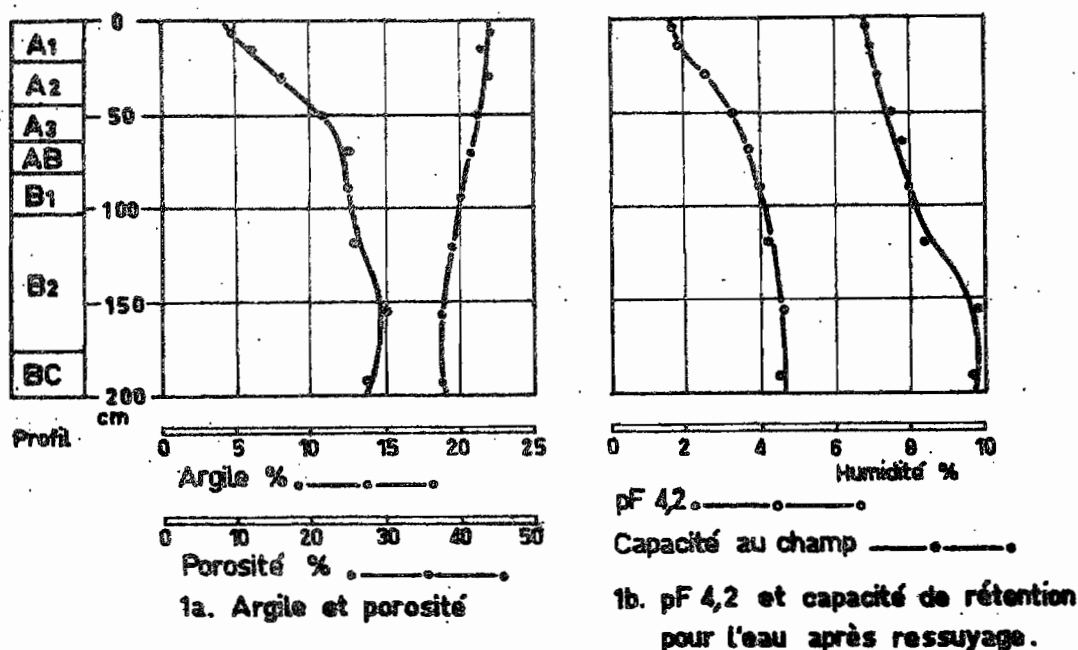


Fig. 1. Quelques caractères physiques des sols étudiés
(cas du périmètre sous végétation naturelle.
Moyennes sur 10 profils)

(m) la durée de ressuyage considérée ici est de 40 à 65 heures ; ce terme nous a paru préférable à celui de capacité au champ, comme il sera exposé plus loin.

Quelques autres caractéristiques analytiques sont données dans le tableau ci-dessous :

	Mat. org. totale ‰	C/N	Argile %	Capacité d'échange méc. %	Coef. de saturat. %	pH
A ₁	3 à 4 ‰	13 à 14	3 à 5	2,5	70 à 80	5,5 à 6,5
A ₂	vois. de 0 2 ‰	10 à 13	7 à 9	3,5	45 à 60	4,8 à 5,1
B ₂	-	-	vois. de 15	6	60 à 65	5,0 à 5,6

On note en particulier la relation entre pH et coefficient de saturation, présentant une légère remontée dans l'horizon d'accumulation :

2. Problèmes de méthodes

2I. Echantillonnages et mesures :

Le régime hydrique des sols a été étudié par l'établissement périodique de profils hydriques, par carottage. L'opération est réalisée sur des périmètres de 2000 à 3000 m² suivant le cas, dont l'homogénéité pédologique a préalablement été reconnue. Ces surfaces ont été balisées et quadrillées pour obtenir une population de points de prélèvements parmi lesquels on tire au hasard pour effectuer les profils hydriques.

Ces derniers ont été faits en double à chaque date, en réalisant 9 prélèvements échelonnés sur l'épaisseur 0-200cm, plus serrés en surface (cf graphique point par point des fig. I). La fréquence des opérations a d'abord été établie en fonction des saisons puis modifiée en cours de travail : on a toujours opéré des profils hydriques complets ou partiels avec une fréquence supérieure ou égale à la décade en saison des pluies et au mois en saison sèche.

L'humidité des échantillons a été déterminée par la méthode pondérale avec séchage à l'étuve à 105°C.

Certaines caractéristiques physiques des sols ont été mesurées aux mêmes profondeurs sur des échantillonnages de 10 profils permettant d'obtenir des valeurs moyennes ; il s'agit essentiellement de :

- l'humidité au pF 4,2 : déterminée sur échantillon remanié, à la presse à membrane : (notation pF 4,2)
- la capacité de rétention pour l'eau après ressuyage : prélèvement après arrosage et ressuyage (48 à 66 heures) du sol en place, sur horizon décapé ; et mesure d'humidité sur l'échantillon obtenu. (notation Hr) .
- la densité apparente du sol en place : prélèvement d'un volume connu par la méthode dite du cylindre .

.../...

22. Exploitation des données :

. Les profils hydriques étant réalisés seulement en double et toute interprétation statistique classique étant impossible, la principale difficulté réside d'abord dans la dispersion des résultats ; à titre d'exemple :

- pour le profil moyen de pF 4,2, le coefficient de variation de la moyenne au risque 5% est de 7,3 à 11,6% suivant la profondeur .
- sur le stock d'eau moyen du sol, le coefficient de variation est du même ordre de grandeur, légèrement plus élevé, variable suivant les saisons ; des essais ont donné 10,2 à 13,2% .

. Au premier stade après le dépouillement, une représentation graphique de la variation à chaque profondeur de l'humidité en fonction du temps permet une première visualisation grossière du régime hydrique du sol .

Pour utiliser plus complètement les données, il est ensuite apparu qu'une méthode pouvait consister à transformer les profils hydriques en les exprimant par une grandeur présentant une variation continue et monotone dans le temps et se prêtant ainsi à un ajustement graphique relativement commode et sûr .

Cette condition est réalisée avec la variable évapotranspiration réelle cumulée (ETR), facile à calculer - le ruissellement étant nul - , à partir de la valeur du stock d'eau total S du sol sur la tranche 0 . 210cm correspondant à chaque profil hydrique et de la pluie cumulée à la même date.

A partir de la courbe d' ETR obtenue (fig. 5a à 8a) , on peut déduire des valeurs ajustées du stock S et représenter son évolution en fonction du temps, permettant d'étudier le bilan d'eau du sol . La précision sur ces valeurs de S est bien entendu la même que sur ETR, mais il est cependant intéressant de conserver à la courbe de variation son allure réelle - en dents de scie en fonction de chaque pluie (fig. 5b à 8b).

La représentation du régime hydrique (fig. 5c à 8c) qui doit intégrer toutes ces données, est plus délicate , car elle doit traduire l'aspect dynamique des phénomènes . Elle a été faite par l'utilisation et le recoupement de plusieurs méthodes :

- . Le dépouillement statistique des résultats individuels d'humidité par rapport aux pluies journalières et à l'intervalle de temps les séparant des prélèvements, permet d'obtenir des délais moyens de ressuyage des pluies, d'apparition du pF 4,2 Les résultats de l'expérience de ressuyage après arrosage fournissent également des données relatives à l'évolution de l'eau dans le sol et de définir de nouvelles caractéristiques hydriques permettant en particulier de distinguer différentes formes d'eau plus ou moins mobiles et de leur appliquer un schéma de mécanisme de l'infiltration et du ressuyage, à l'échelle de chaque pluie .
- . L'analyse des variations du stock d'eau en fonction du temps , montre enfin l'existence d'états relativement stables correspondant respectivement à des équilibres humides apparents et au dessèchement ultime du sol dans

les conditions considérées . Chacun de ces cas peut être défini par un profil hydrique moyen facile à déterminer et à transformer en une courbe stock d'eau - profondeur . Si on considère alors qu'aux phases d'humectation et de dessèchement les profils hydriques correspondent à des fragments raccordés de ces profils de référence , toute valeur du stock d'eau peut être transformée en une profondeur correspondante soit d'humectation, soit de dessèchement . Il s'agit là bien sûr d'un schéma abusivement simplifié donnant seulement l'allure des phénomènes mais ne tenant pas compte en particulier des remontées capillaires dans le phénomène de dessèchement . Dans ce dernier cas, l'étude graphique directe de l'évolution du front de pénétration du pF 4,2 permet de corriger ces résultats tandis que pour l'humectation on a un bon recoupement par rapport à ceux obtenus par l'application du schéma évoqué .

En définitive, c'est au stade final de l'examen critique et de la synthèse de toutes ces interprétations et de la confrontation des résultats déduits avec les données brutes expérimentales que se trouvent justifiées tant la méthode que certaines hypothèses de travail restant à préciser .

3. Les conditions de l'expérience : les cultures et la pluviométrie .

Cette note se rapporte à deux années d'étude :

- . en 1964 : comparaison sol sous savane - sol sous arachide ;
- . en 1965 : comparaison sol sous savane - sol sous pénicillaire derrière arachide

(sur les mêmes périmètres)

Les cultures ont été faites à plat .

Les données pluviométriques relatives à ces deux années sont présentées dans le tableau suivant sous forme de totaux mensuels et annuels en mm ; la comparaison de ces totaux aux moyennes sur 9 ans (1957-1965) est exprimée par les écarts e en % par rapport à ces moyennes :

		Janv	Fév	Mar	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Déc	Total
Moy.57-65		0	0	1,5	8,7	21,4	35,0	122,4	225,8	101,0	22,0	2,9	0	590,7
1964	P	0	0	0	36,9	20,2	33,8	126,1	301,1	71,9	0	0	0	645,0
	e%				+323	- 5	+ 4	+ 3	+ 33	- 29	-100			+ 9,2
1965	P	0	0	3,8	1,9	0,2	73,8	159,1	124,9	66,0	23,5	0	0	453,2
	e%				- 78	-99	-13	+ 30	- 45	- 35	+ 7			-23,2

Les extrêmes du total annuel pour la période sont de 691,6mm en 1957 et 453,2mm , précisément en 1965 .

La pluviométrie de l'année 1964 présente donc un net excédent correspondant en partie à des précipitations anormalement précoces en avril mais surtout à un mois d'août très pluvieux, tandis que septembre est au contraire déficitaire.

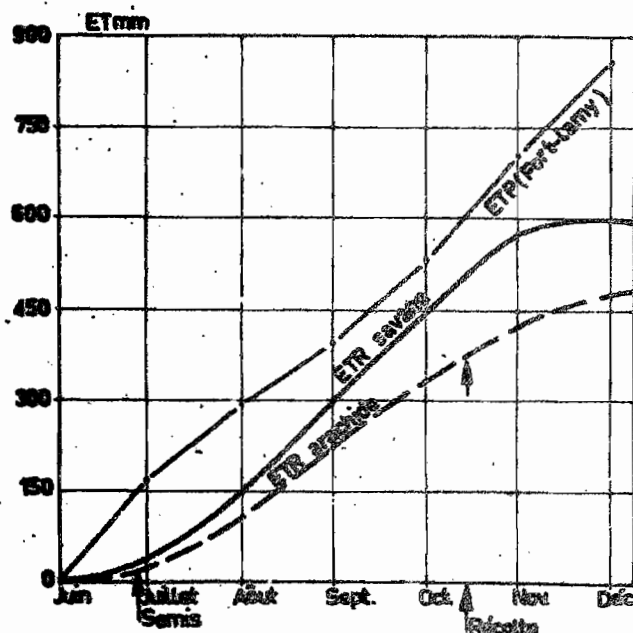
L'année 1965 est fortement déficitaire et se caractérise aussi par une répartition particulière : l'absence de pluie d'avant-saison (mai) et le léger déficit de juin, sont pratiquement compensés par une pluviométrie excédentaire en juillet ; mais c'est le cœur de la saison et surtout le mois d'août très peu pluvieux (-45%) qui en constitue le caractère dominant.

II - LES FAITS ET LEUR INTERPRÉTATION

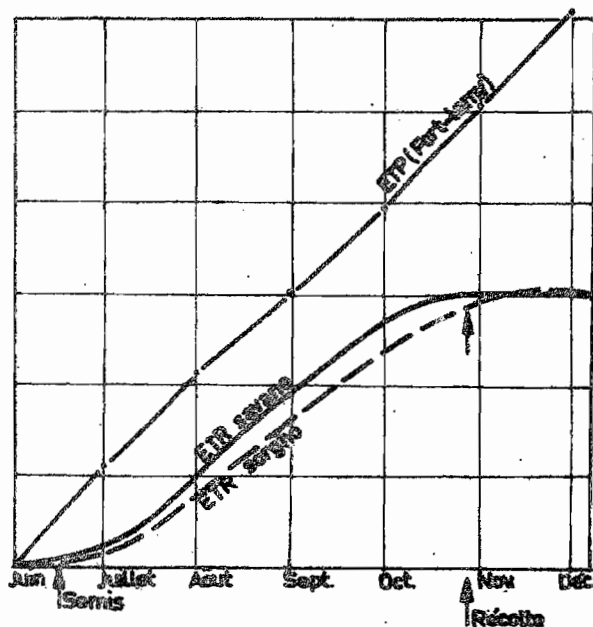
I. Evapotranspiration réelle sous savane et sous culture.

La précision de l'estimation d'ETR ne permet pas d'atteindre les variations mensuelles de cette quantité, mais seulement de déterminer les consommations d'eau moyennes de la savane et des cultures en pleine saison d'activité, correspondant à la partie rectiligne des courbes ajustées (Fig. 5a à 8a). Exprimées en mm, les valeurs moyennes journalières obtenues sont :

1964 - savane	: 5,0 mm/jour
arachide	: 3,7 mm/jour
1965 - savane	: 4,2 mm/jour
pénicillaire	: 3,2 mm/jour



2a. Année 1964



2b. Année 1965

Valeurs cumulées à compter du 1^{er} juin de l'année

ETR Diabini ——— savane } Courbes ajustées (cf fig. 5a, 6a, 7a, 8a)
 — culture }

ETP Ft-Lamy ——— Courbe cumulative des valeurs mesurées

Fig. 2 COMPARAISON DE L'EVAPOTRANSPIRATION REELLE (ETR) SOUS SAVANE ET SOUS CULTURE

Les courbes cumulatives sont représentées fig. 2, où on a reporté également l'évapotranspiration potentielle (ETP) cumulée mesurée à FORT-LAMY (I4) pour la même période. Ces valeurs d'ETP à FORT-LAMY ne sont données que pour indiquer un ordre de grandeur, car si l'analyse des climats moyens de FORT-LAMY et DILBINI permet de conclure que l'ETP moyenne de FORT-LAMY est une bonne estimation - légèrement par défaut - de ce paramètre à DILBINI, l'absence de relation nette entre ces climats à l'échelle mensuelle et même pour les deux années considérées dans leur ensemble, interdit toute comparaison plus précise.

II. Valeurs moyennes en régime d'activité pour la saison 1964

L'ETP moyenne sous savane - 5mm/jour - est plus élevée que l'ETP de FORT-LAMY pour la même période. Compte-tenu des très bonnes conditions d'alimentation hydrique pendant cette saison en fonction de la quantité et de la répartition des pluies et comme le confirmeront l'étude de l'évolution du stock d'eau et du régime hydrique du sol (Fig. 5 et 6), on est autorisé à admettre qu'en 1964 la savane a évapotranspiré à l'ETP ou à une valeur très proche. Par contre, cette même année, la consommation moyenne en période active de l'arachide - 3,7 mm/jour - a donc été inférieure à l'ETP de l'ordre de 25%. Etant donné les très bonnes conditions d'alimentation hydrique pendant cette période également pour l'arachide même en lui supposant un système racinaire peu profond et peu dense, on peut conclure que cette réduction est au moins partiellement en rapport avec une surface foliaire réduite : dans les conditions de l'expérience (écartement 20cm x 50cm) la couverture du sol est en effet de l'ordre de 75 à 80%.

Il est très probable qu'avec de telles conditions météorologiques et tout autre facteur limitant possible mis à part, le rendement aurait pu se trouver accru avec une densité de plants plus élevée.

12. Durant la saison des pluies 1965, les conditions de l'alimentation hydrique sont nettement moins favorables (Fig. 7 et 8) ; mi-juillet et début août, on observe des périodes sans pluie où le sol se dessèche superficiellement jusqu'à 25 - 30cm ; sous savane la profondeur maximum mouillée reste faible.

Pour cette saison des pluies plus sèche qu'en 1964, l'ETP à DILBINI est très certainement au moins égale et sans doute supérieure à celle observée en 1964 ; elle est très certainement aussi supérieure à l'ETP de FORT-LAMY où la saison a été plus humide.

Il s'ensuit que le chiffre de consommation moyenne sous savane de 4,2mm/jour correspondrait à une valeur réduite de 15 à 20% par rapport à ETP, cette réduction étant d'origine climatique.

Le chiffre assez voisin de 3,8 mm/jour mesuré sous pénicillaire, n'apparaît pas significativement différent, mais pourrait traduire une certaine réduction par rapport à la savane, en rapport avec :

- une plus grande sensibilité de la plante - vu son enracinement plus superficiel que la savane - aux petites périodes de dessèchement superficiel du sol qui ont eu lieu cette année.

- un coefficient de plante qui malgré une surface foliaire très supérieure à celle de l'arachide, ne correspond peut-être pas qualitativement aux conditions de l'utilisation maximum de la radiation solaire. Un tel phénomène pouvait bien entendu s'ajouter à la couverture insuffisante de l'arachide.

13. Les variations de l'ETR pendant les phases d'humectation et de dessèchement, en rapport avec les types d'enracinement.

L'analyse de ces phases où l'ETR croît avec l'augmentation du stock d'eau du sol et décroît au contraire à partir d'une certaine réserve limite, permet de faire quelques observations sur le comportement des différents couverts végétaux.

- En 1964, sous savane, l'ETR n'est atteinte qu'à partir du moment où le stock d'eau du sol dépasse 150 mm environ ; ceci correspond à une profondeur de 80 à 100 cm mouillés et doit être mis en rapport avec la répartition de l'enracinement suffisamment dense des diverses strates de la savane essentiellement localisé dans les horizons lessivés.
- En 1965, où la consommation d'eau est réduite, le stock d'eau ajusté oscille précisément autour de cette valeur 150mm pendant la plus grande partie de la saison des pluies et ne l'excède que pendant la première quinzaine de septembre.
- En phase de dessèchement, on observe la réduction de l'évapotranspiration sous savane pour un stock d'eau du même ordre de grandeur mais qui correspond à une situation hydrique évidemment toute différente et dont l'estimation est plus délicate parce que moins précise (cf II, 222, p.19) ; cet état critique correspondrait toutefois à un dessèchement voisin du pF 4,2 dans ces mêmes horizons lessivés. Ceci tend à prouver la grande faculté de la savane à extraire l'eau de ces sols dans la tranche prospectée par les racines tandis que le dessèchement progressif mais relativement poussé des horizons sous-jacents montre l'efficacité des racines profondes peu abondantes de la strate ligneuse, et surtout sans doute des remontées capillaires.
- Le problème est tout différent sous culture annuelle : pendant la phase de croissance après la levée, la couverture du sol est faible et la consommation évidemment réduite ; c'est donc surtout l'étude du dessèchement qui doit permettre de rechercher des relations sol-plante encore que cette phase n'est pas obligatoirement sous la dépendance stricte de la plante cultivée :
 - ainsi en 1964, l'arachide a été récoltée à un stade de dessèchement du sol très peu avancé ; la diminution d'ETR s'est amorcée à la maturité de la plante si bien que l'essentiel du dessèchement a été réalisé après la récolte sous l'action combinée des adventices et de l'évaporation directe.
 - par contre, le pénicillaire a souffert d'un manque d'eau en fin de cycle, à partir de la deuxième quinzaine de septembre ; l'allure du front de progression du pF 4,2 (Fig. 6c) montre que ceci correspond à l'inaptitude de la plante à utiliser avec un débit suffisant les réserves en eau plus profondes que 50 à 60 cm.

Ce problème de soudure existant en année déficitaire ou seulement précocement sèche, pourrait être résolu en agissant sur la profondeur d'enracinement par des techniques favorisant l'approfondissement du profil cultural.

2. Le régime hydrique des sols .

2I . Expression des données mesurées en termes de bilan, et évolution du stock d'eau du sol dans le temps .

- . La comparaison brute pour chaque année et chaque couvert végétal de la pluviométrie totale et de l'estimation de l'évapotranspiration réelle totale (Fig. 5a à 8a) donne les résultats suivants :

	P	Couvert	E T R mm	P - ETR mm
1964	645	Savane	645	0
		Arachide	560	+ 85
1965	453	Savane	453	0
		Pénicill.	474	- 21

qui doivent être précisés par l'étude de la variation du stock d'eau du sol sur la tranche 0 - 210 cm (Fig. 3b à 6b) .

: dans tous les cas, après la saison des pluies, le dessèchement amène le sol à un état d'équilibre sec stable . Sous savane, ce stade est plus rapidement atteint, mais surtout l'équilibre sec est identique d'une année sur l'autre . Sous culture , l'état de dessèchement final varie en fonction de la plante, de la date de récolte par rapport aux dernières pluies, de l'état du terrain après la récolte (adventices , souches de pénicillaire laissées en place)

: l'examen des courbes de variations de S en fonction du temps montre également que dans tous les cas, après l'augmentation plus ou moins régulières de S, il existe une période de la saison des pluies pendant laquelle les oscillations du stock d'eau de la tranche 0 - 210 cm, admettent pour courbe moyenne une droite horizontale ou à pente faible, suivant qu'il y a compensation exacte ou non entre P et ETR durant cette période et qui correspond à un maximum moyen de S peu différent du maximum absolu : on peut considérer que cette valeur définit un état d'équilibre humide moyen apparent .

Le tableau suivant présente ces valeurs caractéristiques du stock d'eau observées pour les différents cas étudiés . Au stock maximum est associée la profondeur atteinte par le front d'humidité ; tandis que sont données à des fins de comparaisons les stocks théoriques correspondant à l'ensemble du profil 0 - 210 cm uniformément au pF 4,2 et à la capacité de rétention après ressuyage .

		Stock état sec initial mm	Stock état sec final mm	Stock théoriq. à pF 4,2 mm	Stock théoriq. à l'état ressuyé mm	Stock à l'équi humide moyen mm	Stock maxi mm	Prof. mouillée maxi cm
1964	Savane	79	79	124	276	300	320	200
	Arachide	110	147	133	303	340	> 340	> 210
1965	Savane	79	79	124	276	160	190	110
	Pénicill.	147	126	133	303	250	290	180

. L'analyse de ces résultats permet de préciser les bilans d'eau et de faire différentes remarques :

- : sous savane , les deux années étudiées , la profondeur mouillée est inférieure à 210 cm et il n'y a donc pas de possibilité de drainage en-dessous de cette profondeur ; l'égalité $P = ETR$ traduit un bilan nul à l'échelle annuelle , en rapport avec l'établissement du même état desséché tous les ans , d'ailleurs plus sec que le profil théorique à pF 4,2 .
- : sous arachide en 1964 , à partir du moment où la profondeur mouillée dépasse 210 cm , il y a possibilité de drainage d'une partie de l'excédent $P - ETR$; une autre partie est en effet mise en réserve dans le profil , l'état sec derrière arachide correspondant à un stock d'eau de 147 mm, alors que le stock initial - après 2 ans de jachère - était de 110mm . L' examen des profils hydriques moyens caractérisant ces différents équilibres secs (voir Fig. 9, page 20) montre que ce bilan excédentaire correspond bien à un stockage d'eau en profondeur dans le profil, et à sa base . Les termes de ce bilan s'établiraient donc comme suit :

$$P - ETR = 85\text{mm} = \text{drainage} \quad : 48 \text{ mm}$$

$$+ \text{ mise en réserve dans le profil} \quad : 37 \text{ mm}$$

Les prélèvements n'ayant pas dépassé la profondeur 210 cm, ces chiffres ne sont que des approximations , et en particulier la valeur totale d' ETR est sous-estimée de la fraction d'eau drainée à la base du profil mais qui est cependant entrée dans le cycle de dessèchement par le jeu des remontées capillaires , soit de l'ordre de 25 mm .

- : sous pénicillaire en 1965 , il n'y a pas non plus de drainage possible, mais l'état final montre un prélèvement de $ETR - P = 21 \text{ mm}$ sur l'eau mise en réserve dans le profil l'année précédente . Là aussi une faible fraction complémentaire non chiffrée est certainement remontée de la base du profil et ETR très légèrement sous-estimée, de l'ordre de 5 mm .

.../...

: des observations complémentaires tendent à montrer enfin que la jachère conduit à un état de dessèchement sensiblement constant au bout de deux ans, soit pour le système cultural considéré, un bilan d'eau également nul mais à l'échelle de la rotation seulement.

. En définitive, cette étude de l'évolution du stock d'eau du sol en fonction du temps permet d'apporter certaines précisions sur les conditions d'alimentation hydriques évoquées au chapitre précédent (phases humides) et d'exprimer les états de dessèchement correspondant à des consommations différentes; toutefois il ne s'agit que de données brutes; même la comparaison de ces valeurs aux stocks théoriques correspondant aux profils hydriques théoriques uniformément ressuyés et à pF 4,2 ne rendant pas compte des formes et de la disponibilité de l'eau en rapport avec sa répartition réelle dans le profil.

Ces résultats doivent pour cela être complétés par l'étude de l'évolution des profils hydriques dans le temps et la connaissance effective du régime hydrique recherchée par l'étude dynamique des phénomènes d'humectation et de dessèchement.

22. Analyse de l'aspect dynamique des phénomènes

22I. Humectation

22II. Données expérimentales

. Les profils hydriques d'équilibre humide moyen représentés Fig. 3, montrent que dans tous les cas, en comparant les humidités au profil de capacité en eau après ressuyage, le sol est relativement plus humide dans sa tranche supérieure qu'à sa base.

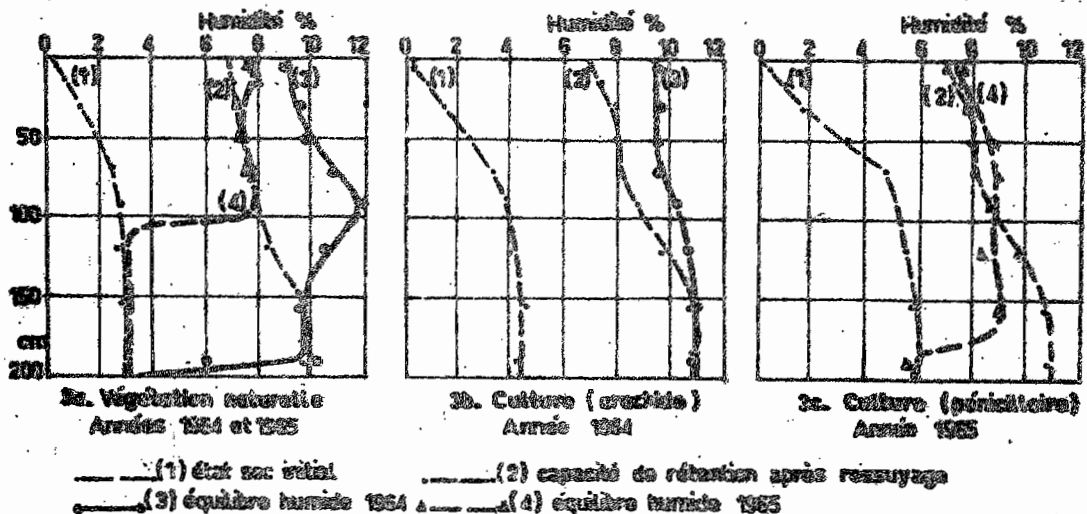


Fig. 3. PROFILS HYDRIQUES D'EQUILIBRE HUMIDE MOYEN

L'interprétation des valeurs absolues et du gradient observé doit toutefois être faite avec une extrême réserve pour tenir compte de leur signification statistique : il s'agit en effet de moyennes d'états de ressuyage plus ou moins avancés (jamais de prélèvements pendant les pluies) et de dessèchement peu poussé (élimination des cas de dessèchement avancé) ; les valeurs trouvées dépendent donc de la fréquence respective des pluies et des prélèvements - relativement faible - et des délais de ressuyage effectifs mis en jeu .

Ainsi en l'absence de renseignements complémentaires que nous recherchons sur la signification exacte de ces valeurs, les humidités moyennes plus élevées en 1964 qu'en 1965, peuvent ne correspondre qu'à la fréquence plus élevée en 1964 des pluies mais aussi des prélèvements (5 jours au lieu de 7) tandis que le fort gradient d'humidité observé en 1965, peut également être dû au fait que la période d'humectation étant courte en profondeur, les moyennes correspondantes sont calculées sur un nombre de cas plus réduit .

Ces variations observées de l'équilibre humide moyen montrent au passage combien il serait illusoire de chercher à déterminer une valeur significative de capacité au champ par des prélèvements au hasard non précisément définis pendant la période humide , même très probablement en annulant l'évaporation , puisqu'ici les cas de dessèchement nets ont été éliminés .

Le dépouillement statistique des données élémentaires consistant dans l'analyse de la fréquence des valeurs d'humidité observées en fonction de la hauteur des pluies précédant le prélèvement et de la durée de leur ressuyage , donne les résultats suivants :

: quelle que soit l'importance de la pluie - en fait toujours inférieure à 50mm - , la valeur expérimentale de la capacité de rétention après ressuyage, s'observe en surface au bout de 2 à 3 jours environ en l'absence d'autre pluie . Il y a donc une assez bonne concordance mais montrant une légère diminution de la vitesse de ressuyage, avec les conditions de la détermination expérimentale de cette valeur , dans laquelle l'évaporation a pourtant été annulée . Ceci s'explique par le fait que l'eau évapotranspirée n'est pas prélevée strictement en surface et affecte l'eau la plus mobile - celle donc justement soumise au ressuyage ; lequel se trouverait ainsi modifié quant à la quantité d'eau mise en jeu plus que dans sa durée ; quant à la légère augmentation de ce délai par rapport aux conditions expérimentales , elle est en accord avec le fait reconnu que le ressuyage est d'autant plus rapide que le sol humide cède son eau au bénéfice d'une masse importante de sol sec en contact (7) , ce qui cesse d'être réalisé à partir d'une certaine humectation du sol .

: la pénétration de la pluie est rapide au moins jusqu'à 90 cm de profondeur et le ressuyage des horizons lessivés suit pratiquement celui des horizons de surface . Ceci concorde également avec la très bonne perméabilité observée dans les horizons lessivés au cours de la détermination de Hr (voir Fig. 4, page 15) . En ce qui concerne les profondeurs supérieures, on n'a pu isoler l'effet de pluies déterminées sur les cas considérés .

: on n'a pas observé en surface, ni dans les horizons lessivés, d'humidité supérieure à deux fois Hr, et dans les horizons d'accumulation jamais de valeurs proportionnellement aussi élevées, mais des humidités surtout voisines, parfois inférieures et une fois seulement légèrement supérieures à Hr.

- . L'étude expérimentale détaillée de l'évolution de l'humidité après arrosage de 100mm d'eau, effectuée au cours de la détermination de Hr sur 2 profils complets, permet enfin de mieux préciser ce phénomène de ressuyage : la variation de l'humidité satisfait en particulier dans la partie mesurée à la relation linéaire en fonction du logarithme du temps (7) ; en extrapolant les courbes et en leur assignant un taux de saturation réel asymptotique à l'origine correspondant à 85% de la porosité totale (8) puis en les transformant point par point, on peut exprimer la variation de la vitesse du ressuyage en fonction de l'humidité et mettre en évidence une valeur critique de l'humidité telle que :

- au-dessus le ressuyage est rapide
- au-dessous le ressuyage est lent

Cette valeur d'humidité, suffisamment définie du point de vue ressuyage par cette propriété correspond sensiblement aussi à l'humidité minima à l'infiltration Hmi définie par Féodoroff (8)

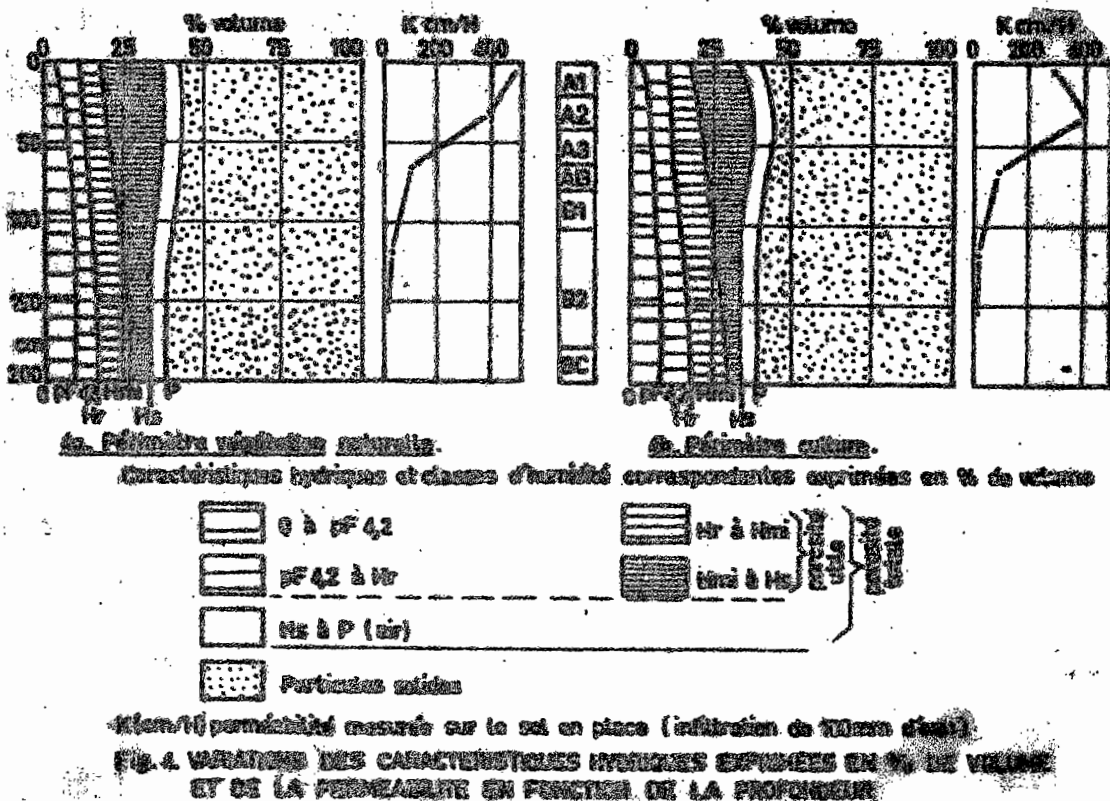
Ces études détaillées du phénomène de ressuyage permettent en outre de comparer le comportement des différents horizons des sols entre eux et le comportement d'un profil sous végétation naturelle et d'un profil sous culture . On constate en particulier :

- : 1' absence de différence nettement significative entre horizons et sols:
- de la durée du ressuyage rapide (20 à 60 minutes) - de la vitesse de ressuyage au voisinage de Hmi (1 à 1,5% d'humidité par heure) - et de cette même vitesse au voisinage de Hr (0,01 à 0,04% /heure), plutôt un peu plus faible dans les horizons profonds : la faible valeur de cette dernière variable , encore décroissante d'ailleurs au voisinage de Hr justifie au passage le choix de cette caractéristique comme repère relativement stable ; tandis que la courte durée du ressuyage rapide - moins d'une heure - explique que les prélèvements ayant toujours été effectués au bout d'un temps supérieur ou égal à ce délai après les pluies , les humidités maximales superficielles observées ne dépassent pas 2 fois Hr, qui est précisément l'ordre de grandeur de Hmi .
- : par contre la quantité d'eau soumise au ressuyage rapide, estimée par la différence Hs - Hmi et qui correspond à l'eau circulant librement dans les plus gros pores (3) varie suivant les horizons et on observe une nette corrélation apparaissant Fig. 4, entre cette quantité et la perméabilité mesurée qui met par définition en jeu l'infiltration de cette forme d'eau très mobile .

La diminution de cette quantité Hs - Hmi vers la base des profils (Fig. 4) correspond en même temps à l'augmentation connue de Hmi avec

le taux d'argile et la diminution de H_s , soit une diminution brute de la porosité et un affinement des pores, tandis que la valeur faible observée en surface sous culture est due à une diminution de la seule porosité la plus grossière en rapport avec une dégradation de la structure.

Enfin l'annulation presque totale de la perméabilité dans les horizons d'accumulation, alors que $H_s - H_{mi}$ ne s'annule pas, semble devoir être mise en rapport avec la morphologie de la porosité et un certain gonflement de ces horizons - observé sur le terrain - susceptibles d'annuler l'effet de la pesanteur dans le processus d'infiltration mais non les autres forces agissant dans le phénomène de ressuyage et mises en jeu dans la mesure de H_{mi} .



2212. Essai d'interprétation d'ensemble

Nous nous proposons ici, en partant du schéma de l'infiltration en sol sec proposé par Féodoroff (8) et des données classiques connues sur le ressuyage, de raisonner l'application d'un schéma analogue pour le sol humide, de l'appliquer aux conditions naturelles et de le tester en vérifiant la conformité des données mesurées avec cette théorie.

Pour Féodoroff (8), l'infiltration de l'eau dans un sol sec correspond à un double processus : une progression per descensum dans les pores de plus grandes dimensions et un mouvement ou prélèvement latéral sous l'effet

de forces de succion remplissant les pores les plus fins . Une fois satisfait le remplissage total de cette catégorie de pores fins correspondant à H_{mi} , il s'établit au niveau correspondant - au-dessus du front d'humectation et de la zone à fort gradient d'humidité - un simple mouvement descendant de translation de l'eau à vitesse stable, dans une certaine classe de pores relativement gros et auquel correspond une humidité constante plus ou moins élevée suivant l'intensité d'arrosage, mais évidemment au moins égale à H_{mi} .

- On sait par ailleurs que le ressuyage d'un sol saturé mis en contact d'un sol sec se poursuit théoriquement indéfiniment et est d'autant plus rapide que la masse de sol sec est plus importante (7). On peut considérer que la redistribution de l'eau s'effectue sous l'action combinée de la pesanteur et des forces de succion exercées par le sol sec ; en pratique, l'action du champ de gravité devient rapidement négligeable sur l'eau de plus en plus fortement retenue par le sol qui se dessèche et du fait de l'hystérésis à l'humectation du sol sec sous-jacent les forces de succion deviennent aussi très faibles : la vitesse du ressuyage est donc vite négligeable également. Ainsi pour un horizon de sol soumis au ressuyage dans les conditions de détermination de H_r et qui aurait une humidité H_r de 10% après 2 jours de ressuyage , l'extrapolation des courbes donne théoriquement une humidité de 9 à 9,5% après 4 jours, 8 à 9% après 8 jours , 7 à 8% après 16 jours .

On possède peu de données sur l'évolution de l'humidité de la masse de sol qui fixe l'eau redistribuée ; dans la phase initiale du phénomène, l'humidité tend normalement aussi vers H_r , et en fonction de l'hystérésis du sol à l'humectation s'il existe un gradient vers la base il ne peut être que très rapide .

- Les différentes catégories d'eau définies par les caractéristiques hydriques connues (Fig. 4 - page 15) peuvent alors être précisées sous le rapport de leurs propriétés dynamiques et de leur disponibilité pour les plantes :

- (1) entre H_s et H_{mi} : les forces de rétention du sol vis-à-vis de l'eau sont pratiquement négligeables ; c'est une forme très mobile, essentiellement susceptible de percolation sous l'effet des forces de gravité et de la pression hydrostatique . C'est évidemment une forme très hautement disponible pour les végétaux .
- (2) entre H_{mi} et H_r : eau faiblement retenue par le sol, susceptible de redistribution lente sous l'action combinée des forces de gravité et des forces de succion exercées par une masse de sol plus sèche en continuité . C'est encore une forme hautement disponible .
- (3) entre H_r et $H_{pF\ 4,2}$: les forces de rétention d'origine capillaire sont telles qu'elles annulent pratiquement l'effet de la pesanteur. Les mouvements se font essentiellement sous l'effet de la succion radiculaire mettant en jeu la cohésion du réseau liquide (II, I2), d'autant plus fragile que le dessèchement est plus poussé et le débit demandé plus élevé . C'est donc une forme plus ou moins disponible qu'on peut considérer comme moyennement disponible dans son ensemble .

- (4) en-dessous de pF 4,2 , l'eau n'est théoriquement pas utilisable par la végétation , et seulement extractible du sol par évaporation directe conduisant à un équilibre hygroscopique avec l'air .
- . Du point de vue pédogénétique , l'eau la plus mobile, circulant sous l'effet de la gravité dans les pores les plus grossiers, paraît susceptible de transporter des colloïdes dispersés et des corps dissouts disponibles ; tandis que la fixation d'eau par la tranche de sol sous-jacente qu'elle humecte ne peut conduire qu'à un dépôt de ces éléments, encore favorisé par un éventuel dessèchement sur place .
- . L'application du schéma d'infiltration de Féodoroff aux conditions naturelles doit reposer sur la remarque préliminaire suivante : tout état humide est un stade de ressuyage plus ou moins complet et de dessèchement plus ou moins poussé par évapotranspiration ; ces deux processus affectant préférentiellement la forme d'eau la plus mobile et la plus disponible, il s'ensuit que ces états correspondent forcément à un remplissage d'eau de la fraction la plus fine possible de la porosité . Si on admet que la nature des phénomènes d'infiltration proprement dits est comparable à ce qui se passe en sol sec, le régime d'infiltration caractérisé par le remplissage de la porosité à Hmi sera d'autant plus vite atteint . En fonction de l'intensité de la pluie, l'humidité à l'infiltration peut être supérieure à Hmi mais la phase rapide du ressuyage étant sous la dépendance directe de la gravité , ne doit normalement pas être modifiée par l'humidité initiale du sol sous-jacent . Il s'ensuit que le profil hydrique du sol étant connu ou extrapolé avant une pluie donnée , on peut calculer et représenter (Fig. 5c et 8c) l'épaisseur de sol que cette pluie va amener à Hmi, c'est-à-dire la profondeur à travers laquelle elle percolle et se ressuie rapidement ; on constate (Fig. 5c et 8c) que cette profondeur n'excède que très exceptionnellement 60 à 70 cm.
- . Par contre le phénomène de ressuyage lent va être considérablement modifié chaque fois que l'eau redistribuée n'atteindra pas le sol sec . En fonction de l'hystérésis du sol à l'humectation, il n'y aura en effet de succion de la part du sol sous-jacent vis-à-vis du niveau qui se ressuie que lorsque leur différence d'humidité sera assez grande ; en l'absence d'un gradient suffisant, les seules forces de la gravité et de la pression hydrostatique seront susceptibles d'agir pour redistribuer cette eau : il s'ensuivra un mouvement d'autant ralenti et qui mettra en jeu une certaine perméabilité aux faibles humidités correspondant à un cheminement dans des classes de pores immédiatement supérieures à l'humidité considérée, comprise entre Hr et Hmi ; cette perméabilité sera elle-même décroissante avec l'humidité, en rapport avec l'augmentation relative des forces de rétention du sol vis-à-vis de l'eau . On conçoit alors en fonction du débit d'apport de l'eau et de ces valeurs de perméabilité, l'existence possible d'un équilibre dynamique entre les forces agissantes et d'un ressuyage lent continu . En toute rigueur, dans un matériau homogène et sans évaporation, l'eau de ressuyage atteindrait alors lentement le sol sec sous-jacent et le front d'humectation descendrait progressivement .

: La représentation des régimes hydriques en 1964 montre effectivement l'existence de périodes de ressuyage continu, mais l'examen des profils hydriques d'équilibre humide moyen prenant alors la signification d'équilibre dynamique vrai, prouve que le sol n'a précisément pas un comportement homogène : ayant vérifié que le gradient d'humidité observé au-dessus des horizons d'accumulation correspond bien à un gradient sensiblement équivalent de potentiel capillaire, ils traduisent une diminution du débit de ressuyage, ralenti vers la base du profil, c'est-à-dire un certain engorgement de la partie supérieure sur les horizons d'accumulation moins perméables dans la gamme d'humidité considérée. La chute de débit est telle que les horizons d'accumulation ne sont pas à une humidité significativement différente de celle correspondant à un ressuyage de deux jours sans alimentation. Cette diminution de perméabilité à ce niveau concorde avec celle notée pour la circulation d'eau au voisinage de la saturation (Fig. 4), mais non pas avec la valeur absolue de la classe de porosité comprise entre H_r et H_{mi} correspondant à ce mouvement de l'eau : ceci doit être à nouveau mis en relation avec le gonflement signalé pour les horizons d'accumulation et la morphologie de leur porosité fine ; se trouve ainsi exprimée l'influence de la morphologie acquise pédogénétiquement sur le régime hydrique actuel des horizons du sol.

Ces schémas d'interprétation permettent donc bien la synthèse des données recueillies ; de même, appliqués à des sols présentant certaines modifications par rapport aux profils étudiés, ils expliquent par exemple dans le cas d'horizons profonds plus totalement imperméables, les conditions probables de certains types d'engorgement caractérisés ou de lessivage oblique intense à la base des horizons lessivés s'il y a possibilité de mouvements latéraux.

Dans la représentation des régimes hydriques (Fig. 5c à 8c), nous n'avons pas distingué cette différence de dynamique des horizons superficiels et profonds, mais seulement représenté la redistribution théorique de l'eau comme si elle se faisait de façon homogène ; de même les données mesurées n'ont pas permis de préciser l'allure vraie, probablement amortie de la progression du front d'humectation dans les horizons d'accumulation ; enfin les gradients différents des profils d'équilibre humide moyens sous végétation naturelle et sous culture semblent surtout traduire des différences des sols dans les deux périmètres.

: En 1965, où les pluies sont moins importantes et moins fréquentes qu'en 1964, il n'y a pratiquement pas de période de régime continu de ressuyage. La représentation des régimes hydriques explique que les profils hydriques d'équilibre humide moyen, voisins de H_r en surface, expriment dans cette partie un état statistiquement voisin du ressuyage ; et en profondeur, en particulier sous culture où la profondeur mouillée est plus grande, des états de ressuyage très poussés, et peut-être légèrement desséchés.

Fig.5 Dilbini. 1964. VEGETATION NATURELLE.

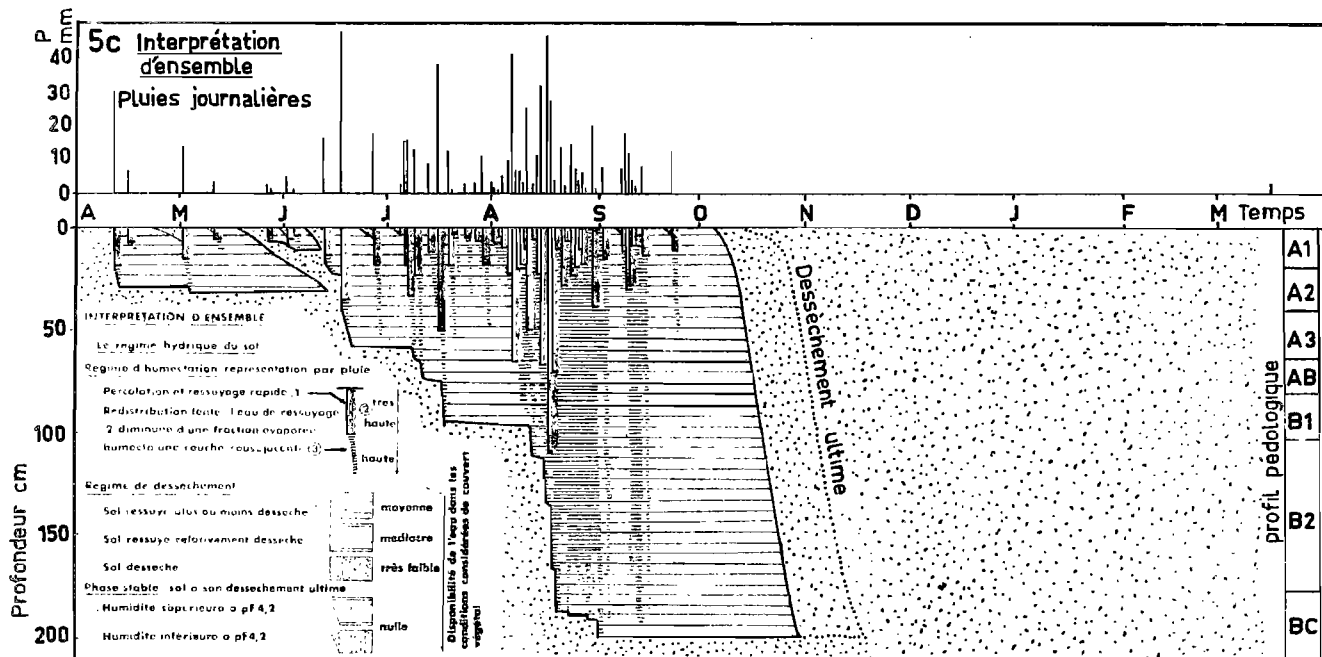
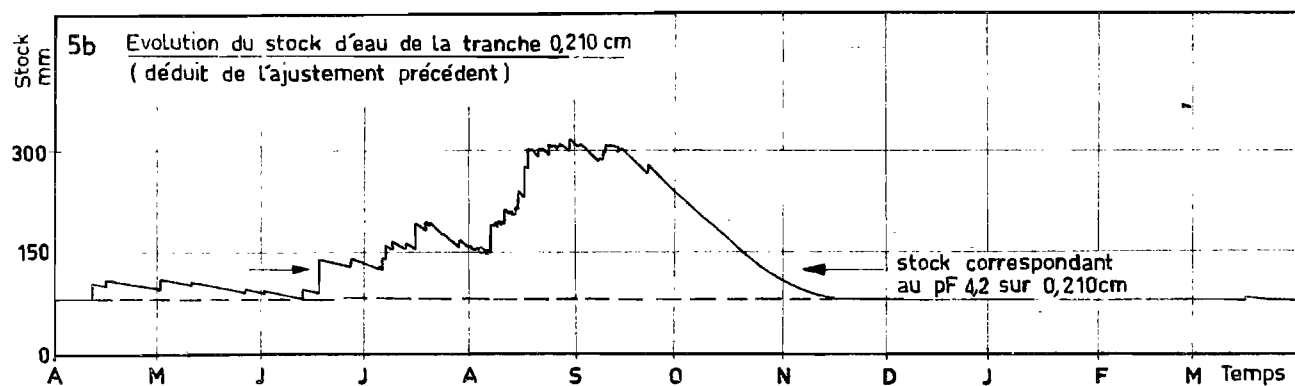
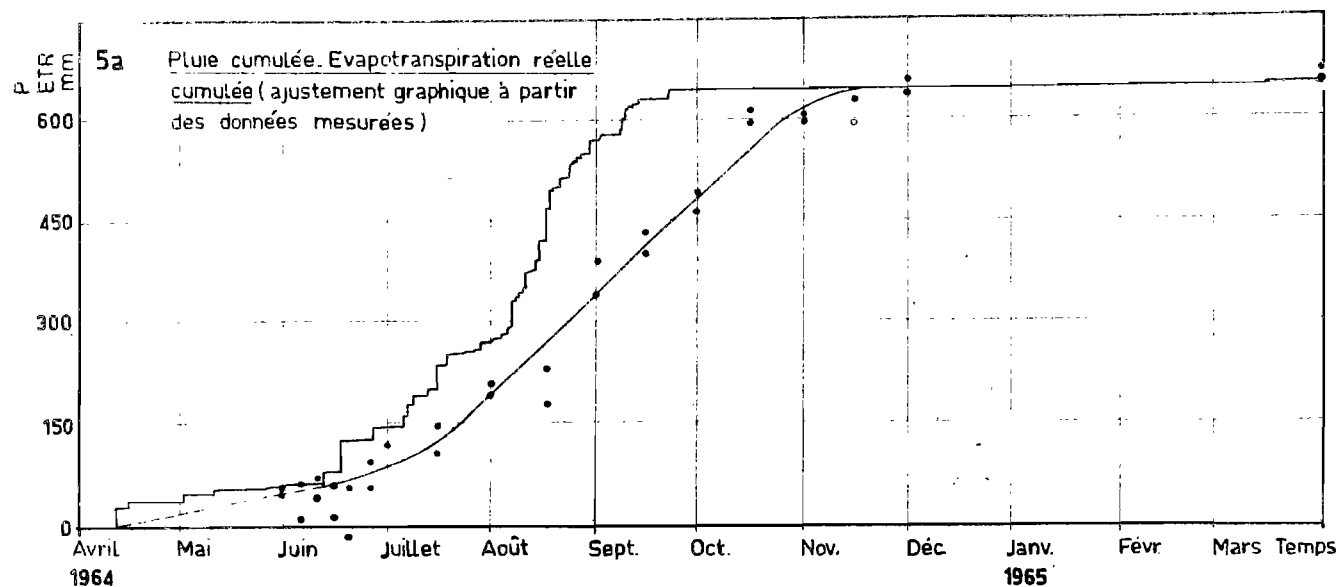


Fig.6. Dilbini_1964_ CULTURE (arachide)

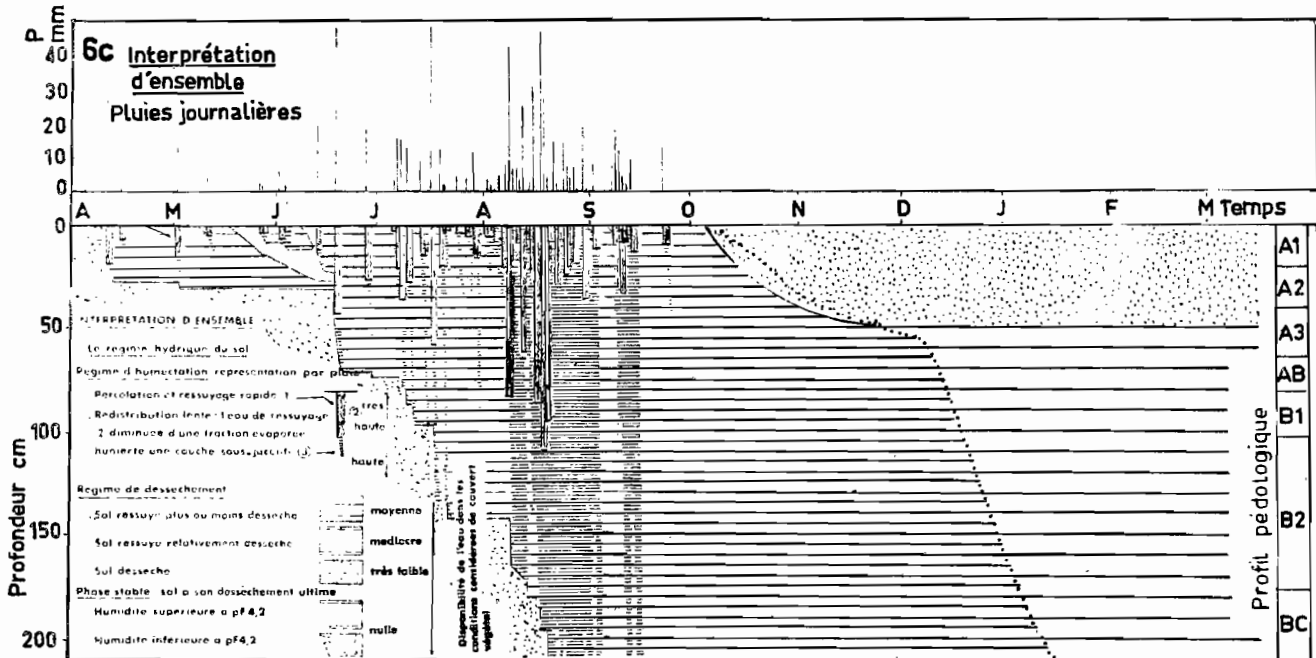
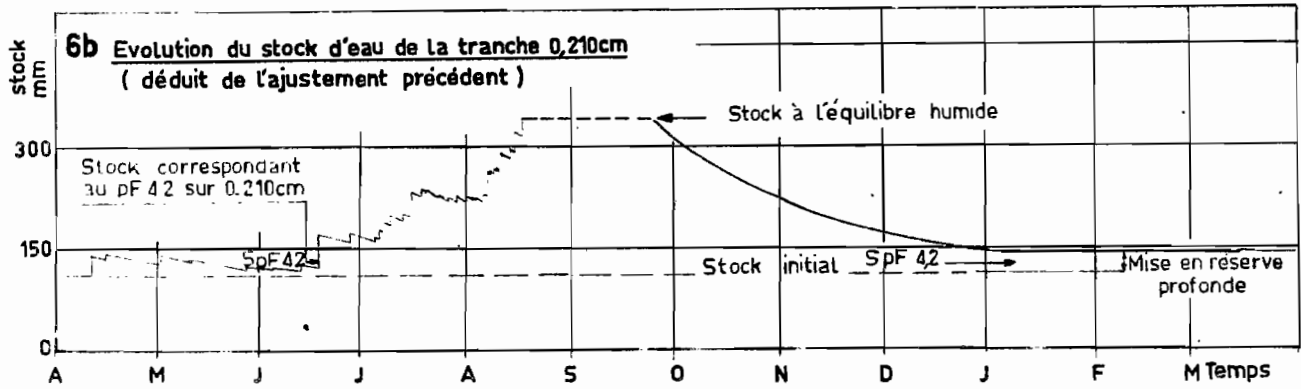
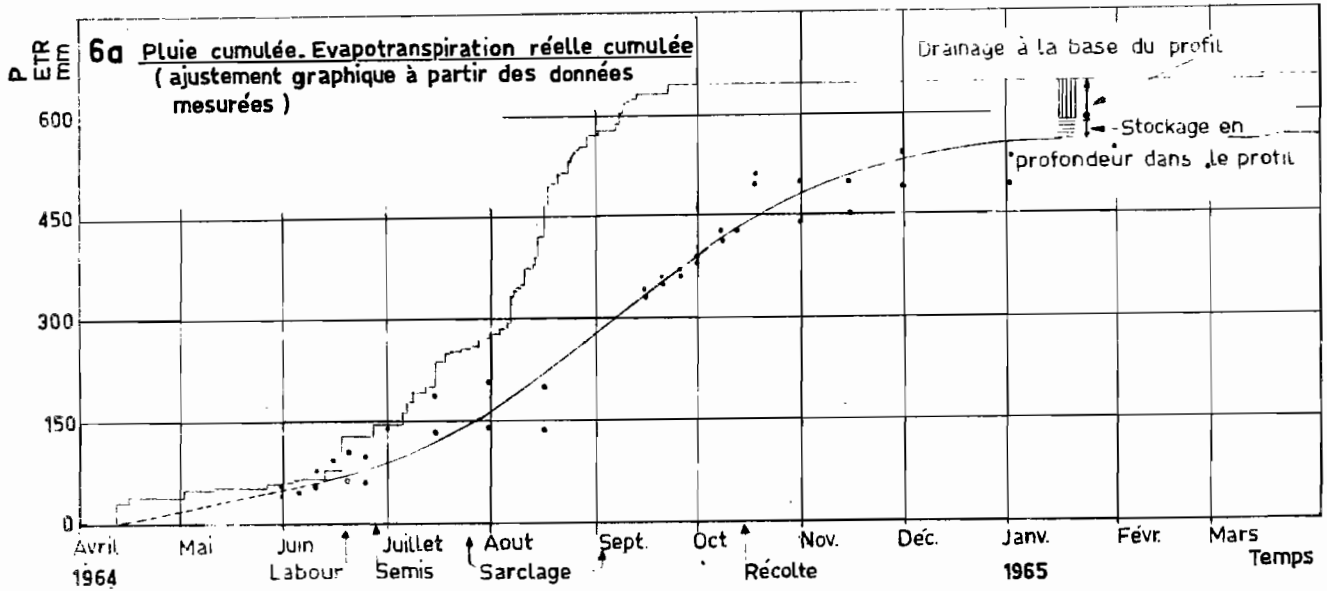


Fig. 7. Dilbini_ 1965_ VEGETATION NATURELLE

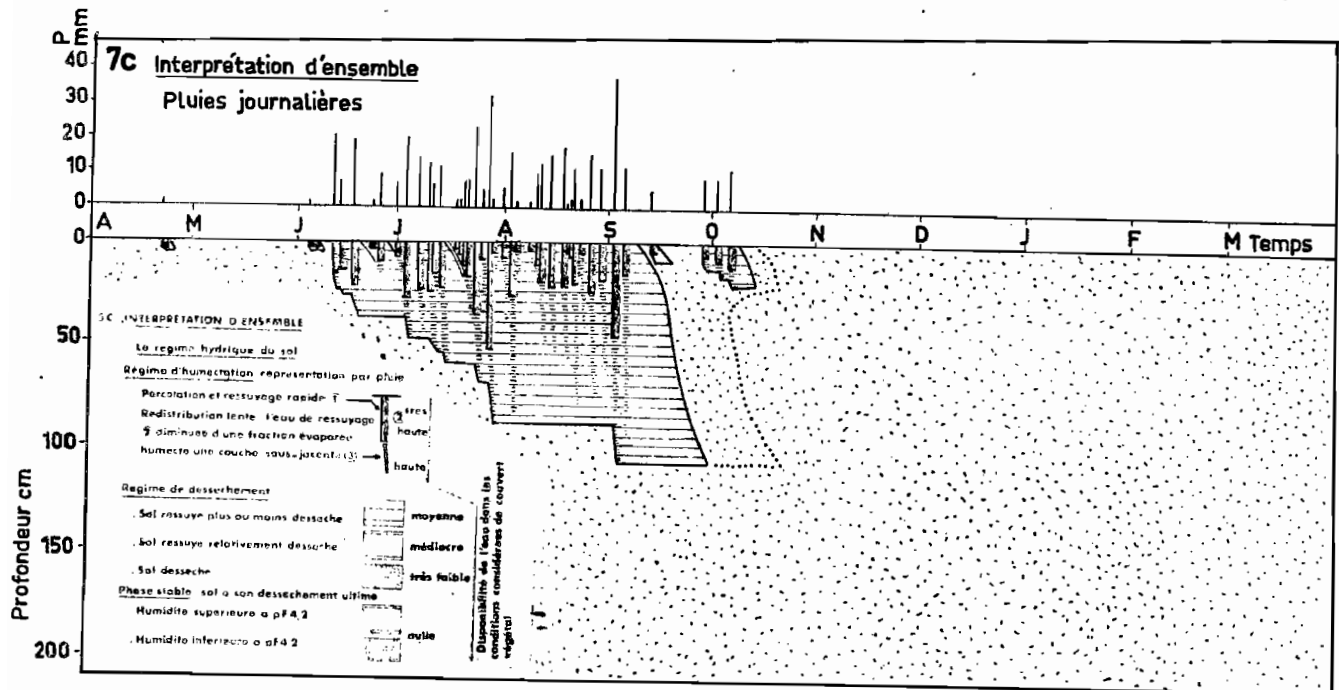
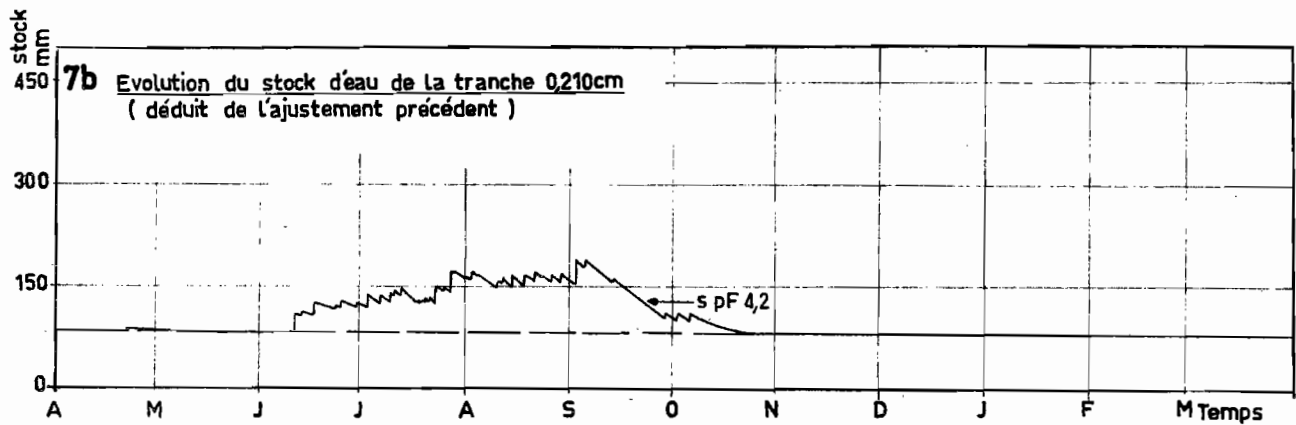
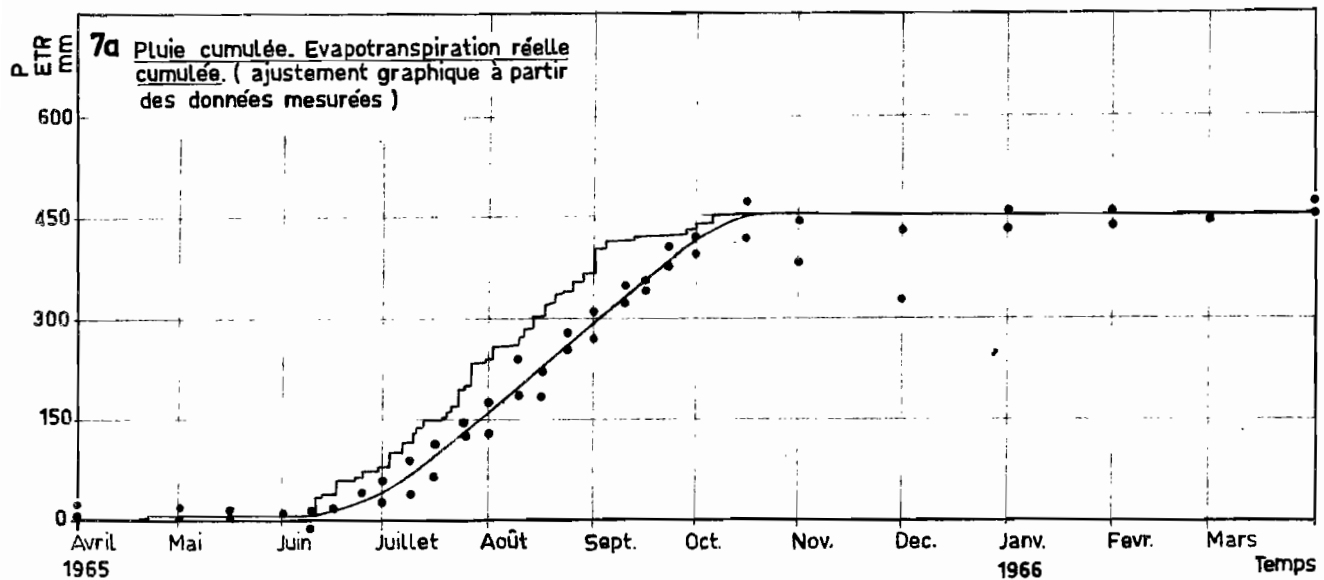
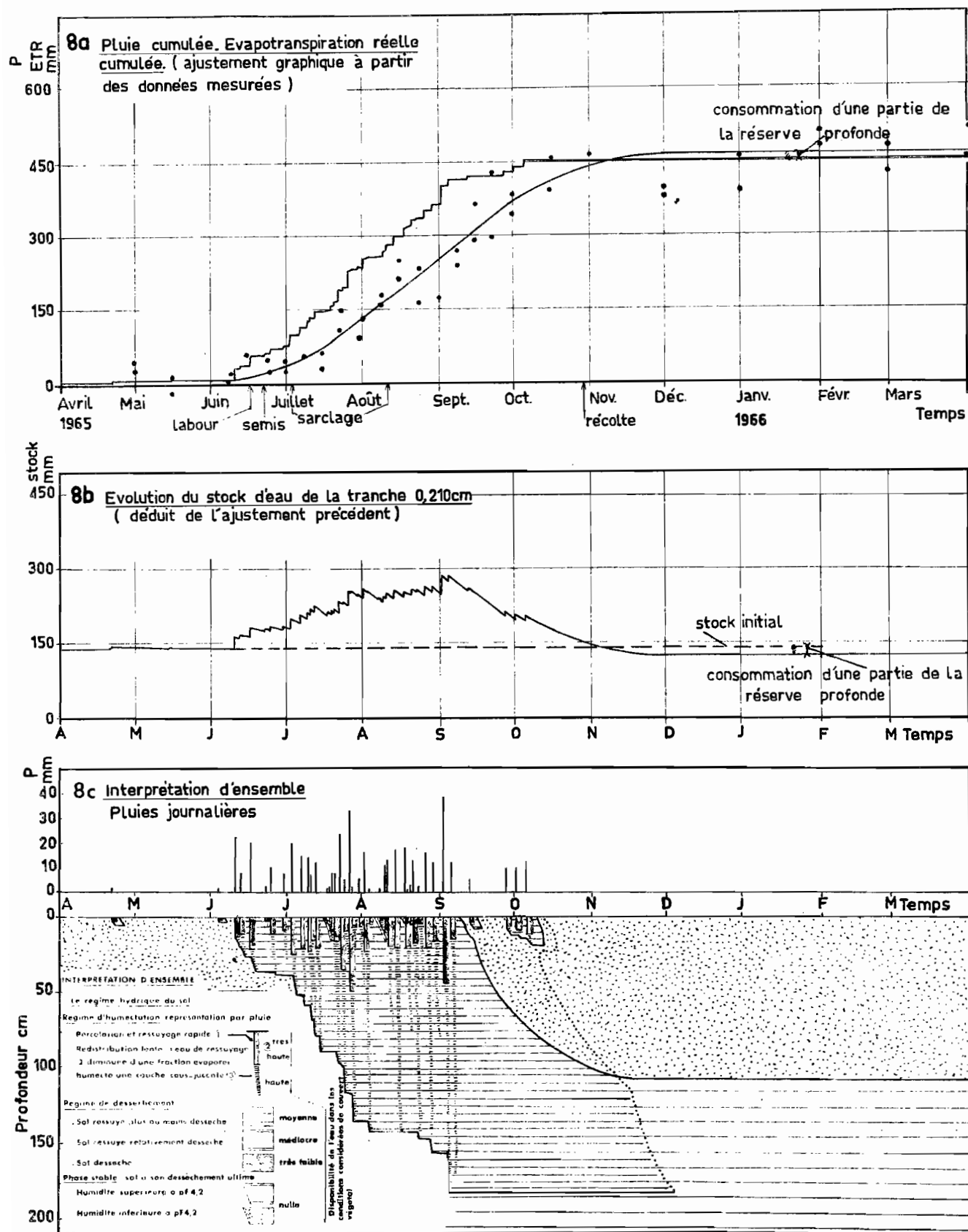


Fig. 8. Dilbini. 1965. CULTURE (penicillaire)



222. Dessèchement

Même au cours d'une saison pluvieuse très déficitaire comme 1965, on n'observe que quatre à cinq cas de dessèchement allant jusqu'à pF 4,2 en surface, et en conséquence de cette relative monotonie et de la fréquence de prélèvements utilisés, on possède beaucoup moins de données pour étudier le dessèchement que l'humectation.

- . Le dépouillement statistique des cas observés permet toutefois de dégager quelques lois du dessèchement superficiel : la tranche 0 - 10 cm atteint globalement le pF 4,2 en cours de saison humide ; 5 jours en moyenne après la pluie qui l'a humectée ; mais on constate aussi que les résultats diffèrent suivant l'époque et le couvert végétal.
- : en début de saison des pluies, sous végétation naturelle, ce délai est abaissé à 3 jours, traduisant une consommation déjà importante sur une faible épaisseur, tandis qu'il est de 8 jours sous culture en rapport avec le couvert végétal réduit et la faible évaporation.
- : par contre, lorsque la profondeur mouillée est grande, ce délai serait plus long sous végétation naturelle, de l'ordre de 8 jours également, ce qui tend à montrer que la savane, formation à plusieurs strates, extrait son eau en régime de consommation normale, sur une épaisseur importante, en rapport avec son enracinement profond.
- . L'allure fortement redressée du front de pénétration du pF 4,2 sous savane en fin de saison des pluies traduit globalement aussi ce résultat; mais les observations directes et les considérations faites sur les conditions d'humidité déterminant une consommation d'eau normale ou réduite, montrent que le système racinaire est surtout dense sur les 100 cm superficiels, et l'allure également redressée de ce front en profondeur traduirait donc aussi une bonne efficacité des remontées capillaires à partir des horizons profonds.

Les profils hydriques d'équilibre sec (Fig. 9 - page 20) montrent enfin que sous savane, le dessèchement se poursuit au-delà de pF 4,2 sur toute la profondeur, tout en présentant un gradient, puisque le dessèchement ultime correspond à des humidités d'environ :

0,2 pF 4,2 à 5 cm	0,5 pF 4,2 à 25 cm
0,35 pF 4,2 à 15 cm	0,7 pF 4,2 en-dessous de 80-100 cm

L'écart avec le pF 4,2 apparaît trop grand pour être attribué à l'imprécision des analyses et il s'agirait bien d'un dessèchement vrai : on peut supposer que cette remarquable aptitude de la savane à extraire l'eau du sol à de faibles humidités correspond à une consommation de la strate ligneuse vivace en arrière saison, aux heures de la journée où l'ETP instantanée est suffisamment basse pour mettre en jeu des débits faibles permettant alors des mouvements capillaires sans rupture du réseau liquide (10,12) ; ce schéma s'accorde avec l'état analogue

mais moins poussé, observé derrière jachère. Le dessèchement tout à fait superficiel très intense traduit enfin dans tous les cas l'équilibre hygroscopique du sol avec l'atmosphère par suite d'évaporation directe.

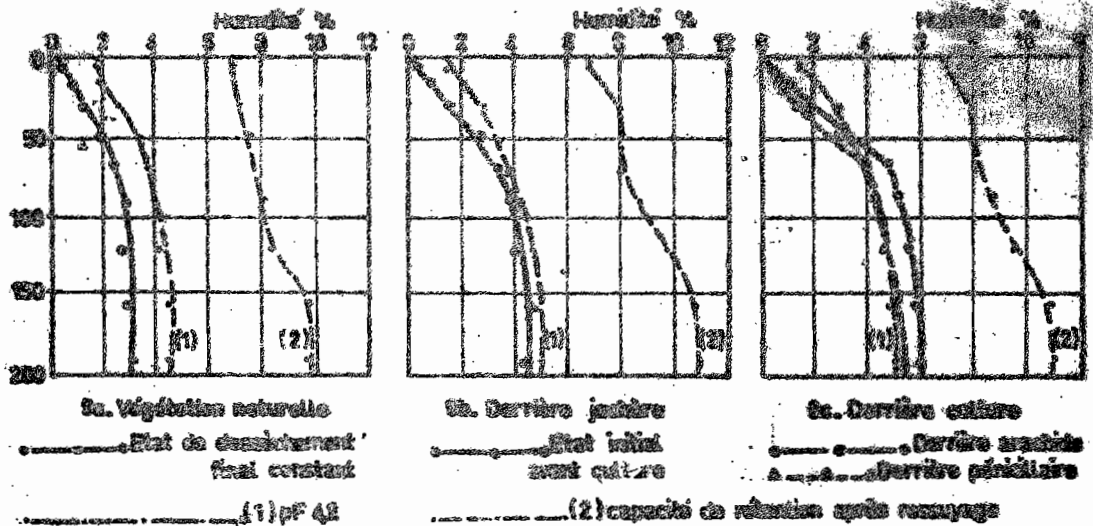


Fig. 5 PROFILS MOYENS D'ÉQUILIBRE SEC

Les profils d'équilibre sec derrière culture permettent de préciser le problème déjà évoqué du dessèchement derrière arachide et pénicillaire en fonction de la profondeur d'enracinement, de la date de récolte, de la couverture du sol laissée après récolte Mais si tout s'accorde à faire conclure à la plus grande aptitude du pénicillaire à extraire l'eau plus profondément - et surtout des observations directes sur l'enracinement -, il faut se garder de conclusions définitives sur les aptitudes respectives des deux plantes ; l'arachide n'a pas connu en effet de déficit d'eau en surface l'obligeant à une consommation plus profonde, tandis que le pénicillaire a dû faire face à une telle difficulté qu'il n'a surmonté qu'en accusant une gêne physiologique au moment de la maturation qui s'est traduite en terme de rendement .

De toutes façons, les stades de dessèchement du sol mettent en jeu des humidités faibles et donc affectées d'une forte erreur relative ; ceci ajouté au nombre de données recueillies relativement réduit, fait que la méthode utilisée n'a pas fourni de résultats permettant d'aborder l'étude précise de la nature et de l'importance relative des mécanismes intervenant : mouvements capillaires, évaporation directe ... Il s'ensuit en particulier que la représentation des phénomènes de dessèchement dans le régime hydrique des sols (Fig. 5c à 8c) a été extrapolée et interprétée .

23. Essai de synthèse sur le régime hydrique et l'évolution des sols :

Cet essai vise à rechercher les effets possibles de la dynamique de l'eau ainsi définie sur l'évolution du sol et à préciser les influences relatives des facteurs climat et couvert végétal sur cette dynamique .

- . Du point de vue pédogénétique , on a déjà signalé comment pour une pluie isolée peuvent être interprétées sous le rapport des possibilités de lessivage et d'accumulation les profondeurs respectivement soumises aux phénomènes de percolation et ressuyage rapide ou fixant au contraire l'eau de redistribution .

Il est évident que lessivage et accumulation réels sont sous la dépendance des conditions physico-chimiques des horizons concernés à l'instant considéré, qui déterminent la dispersion effective des colloïdes et la solubilité des différents composés . Cette interprétation ne peut donc conduire qu'à la définition d'effets strictement potentiels de la dynamique de l'eau .

De même, ce schéma est forcément très approché, les limites des phénomènes réels pouvant être sensiblement différentes de celles supposées, et étant de toutes façons progressives , en rapport avec les variations avec la profondeur des débits qui percolent .

Dans les conditions naturelles , les phénomènes se compliquent du double fait que :

- même si les pluies étaient assez espacées les unes des autres pour être relativement indépendantes (sol assez sec) , une même profondeur pourrait être successivement le siège d'effets opposés en fonction de la hauteur de chacune d'elles .
- les pluies n'étant pas indépendantes les unes des autres, il peut en particulier apparaître un ressuyage lent continu sous l'effet de la gravité dont on peut supposer l'effet lessivant probable, mais sans doute qualitativement et quantitativement différent de celui entraîné par une percolation rapide .

On peut toutefois tenter une interprétation statistique de ces effets potentiels, basée sur les normes suivantes :

- l'étude de la fréquence des phénomènes de percolation-ressuyage rapide dans les tranches de sol successives de 10cm d'épaisseur - établies par rapport aux seules pluies d'une certaine importance, soit arbitrairement 5mm - conduit au tracé d'une courbe en fonction de la profondeur , qui limite, à partir du sommet du profil, une zone où les phénomènes de lessivage sont d'abord exclusifs puis décroissent progressivement avec la profondeur .
- les parties profondes humectées définies par des humidités inférieures ou voisines de Hr et correspondant soit à des fixations d'eau vraies, soit à des mouvements extrêmement lents, seraient le siège de phénomènes d'accumulation potentiels dominants .
- toute la zone intermédiaire , parfois mal limitée avec la précédente (cas de la végétation naturelle 1965) , serait en même temps soumise à des effets successifs opposés et susceptibles de ressuyage lent continu par gravité ; nous la considérerons comme un terme de transition .

Malgré le caractère inégal de ces critères retenus pour estimer les différents phénomènes évolutifs probables dans les sols en fonction de la dynamique de l'eau, les résultats ainsi obtenus pour les deux années étudiées proches des extrêmes pluviométriques, s'accordent remarquablement avec la différenciation du profil (Fig. 10).

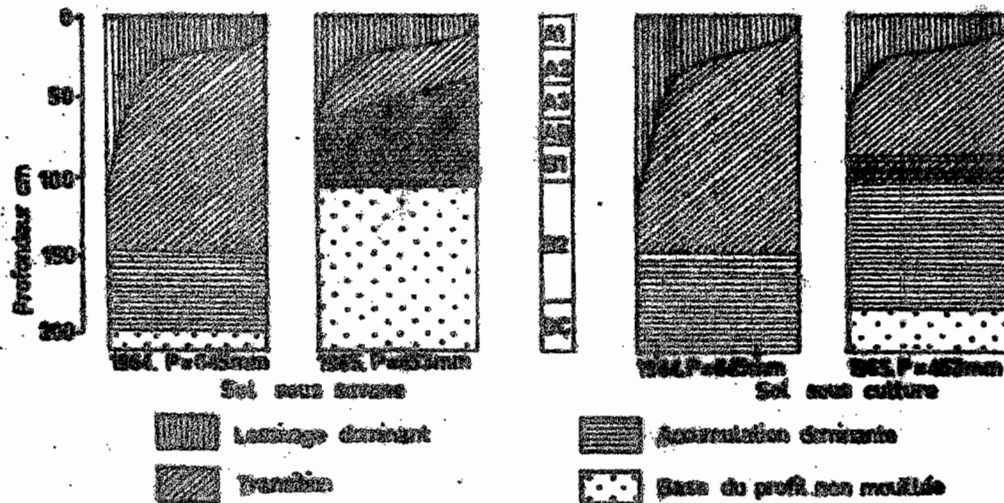


Fig. 10. INTERPRÉTATION DES EFFETS ÉVOLUTIFS POTENTIELS DE LA DYNAMIQUE DE L'EAU

Cette relation entre régime hydrique et morphologie du sol traduit un équilibre dynamique qu'on peut essayer d'analyser en précisant l'influence respective des éléments climat et couverture végétale.

- l'épaisseur de la couche superficielle définie par un lessivage potentiel exclusif est faible (une vingtaine de centimètres) et relativement indépendante de la pluviométrie totale et de la couverture végétale. Ceci correspond à une distribution des hauteurs d'averses autour d'une classe modale stable et dans le cas d'une moindre consommation hydrique par la culture (arachide), au prélèvement de la quantité d'eau mise en jeu à peu près uniquement dans la tranche superficielle.

Par contre, l'intensité résultante du lessivage dans cette tranche doit être en rapport direct avec le volume d'eau total percolant et donc la pluviométrie totale.

Enfin, les rares cas de percolation très profonde sont toujours provoqués par des pluies importantes rapprochées, cumulant leurs effets, quand le sol est déjà mouillé.

- la zone de transition présente au contraire une limite inférieure très variable, plus profonde et plus nette pour une pluviométrie plus importante, et une consommation d'eau moindre qui se répercute justement dans cette gamme de profondeur.

Cet effet de la culture d'arachide se poursuit encore de façon analogue l'année suivante du fait alors d'un état initial moins desséché à ces profondeurs .

Une pluviométrie excédentaire comme une réduction d'évapotranspiration , apparaissent donc susceptibles d'approfondir les horizons lessivés , tandis que la forte fréquence de pluies en général corrélative de ces fortes pluviométries totales , augmenterait surtout l'intensité du lessivage en déterminant en particulier l'apparition de périodes de ressuyage continu lent par gravité .

- Mais l'approfondissement des horizons lessivés au-delà d'une certaine limite apparaît ici difficile du fait de l'imperméabilité des horizons d'accumulation et qui ne peuvent évoluer que dans le sens d'un colmatage encore accentué quand le lessivage augmente dans les horizons supérieurs .
- Ainsi, en face d'une rupture d'équilibre correspondant à un bilan d'eau excédentaire , on peut distinguer deux possibilités d'évolution pour des sols de ce type , en fonction de l'importance relative du déséquilibre, de l'intensité et de la vitesse des phénomènes pédogénétiques qui en résultent et des caractères liés à la différenciation du profil :
 - soit un approfondissement lent de l'ensemble du profil
 - soit un engorgement de la base des horizons lessivés corrélativement à leur plus fort lessivage ; cette évolution pouvant faire apparaître aussi un lessivage oblique dans la mesure où une élimination latérale est possible .

L' étude montre que c'est ce deuxième schéma qui semble s'appliquer pour les sols de Dilbini , en fonction de la différenciation actuelle et héritée de leur profil.

CONCLUSIONS GENERALES

Cette étude du régime hydrique des Sols Ferrugineux Tropicaux faiblement lessivés de DILBINI , par une méthode directe de prélèvements sur le terrain , a donc permis :

- de chiffrer sur deux années, les consommations d'eau respectives de la savane et de la culture ; de situer ces valeurs par rapport à l'évapotranspiration potentielle estimée , de distinguer et de préciser ainsi des cas d'évapotranspiration maximale et réduite et d'interpréter pour les cas d'évapotranspiration réduite, si la réduction est d'origine climatique ou liée aux caractères particuliers du couvert végétal .
- de conclure sur le bilan d'eau des sols , nul à l'échelle de l'année sous savane et à l'échelle de la rotation sous culture mais susceptible d'être nettement excédentaire sous certaines cultures .
- de tester par rapport aux données expérimentales la validité de certains schémas de mécanismes de la dynamique de l'eau dans le sol et d'en préciser les limites et modalités d'application en fonction de la différenciation du profil ; ceci permettant d'aboutir à une représentation synthétique des régimes hydriques , à une interprétation de l'équilibre dynamique climat-sol-végétation et du rôle de ses

différents éléments, et à la formulation d'hypothèses sur l'évolution du sol dans le cas de ruptures d'équilibre dans le sens bilan d'eau excédentaire.

Nous considérons toutefois comme provisoire cet ensemble de résultats et comme nécessaire la reprise de ces interprétations à partir de données ultérieures complémentaires, pour permettre en particulier de vérifier la validité de certaines approximations et hypothèses : l'étude est actuellement poursuivie avec un système de prélèvements permettant une précision supérieure des résultats, tandis que des expériences sont en cours et d'autres prévues pour cerner certains problèmes dynamiques précis .

La conception et la méthode restent la même pour ces nouvelles études : vérification directe sur le terrain des mécanismes supposés , dans leur ensemble et au niveau de leurs maillons décisifs .

Sur le plan de l'interprétation, le but ultime reste également inchangé : situer ces données sur le régime hydrique dans le cadre le plus complet possible de l'étude de la dynamique des sols pour aboutir à une synthèse sur leur évolution en rapport avec les facteurs du milieu auxquels ils sont soumis .

====ooOoo====

B I B L I O G R A P H I E

- (1). - AUBERT (G.) - 1964 - La classification des sols utilisés par les pédologues français en zone tropicale ou aride :
Sols Africaine ; Vol. IX ; n° 1 ; p. 97 - 105 .
- (2). - AUDRY (P.) - 1963 - Projet de programme d'études d'évolution des sols en République du Tchad :
ORSTOM ; Fort-Lamy ; 38 p. ronéo .
- (3). - AUDRY (P.) - 1965 - Premiers résultats partiels d'une étude d'évolution comparée des sols au Tchad : résultats agronomiques relatifs à la campagne de coton 1964 sur les sols rouges faiblement ferrallitiques de DELI. OUA/SIRC ; Londres ; publ. n° 98 ; Colloque sur la conservation et l'amélioration de la fertilité des sols ; Khartoum 8 - 12 nov. 1965 ; p. 96 - 112 ; 2 tabl. ; 4 fig. ; bibl. 5 réf.
- (4). - BAVER (L.D.) - Soil physics :
Wiley éd. ; London ; 489 p.
- (5). - CHARREAU (C.) - 1961 - Dynamique de l'eau dans deux sols du Sénégal :
Agro. Trop. ; Paris ; t. XVI ; n° 5 ; p. 504 - 561 ; 14 tabl. ; 32 graph. ; bibl. 17 réf.
- (6). - COMBEAU (A.) et QUANTIN (P.) - 1963 - Observations sur la capacité au champ de quelques sols ferrallitiques - Rapprochement avec les courbes pF - humidité . Sc. du sol ; Versailles ; n° 1 ; p. 1 - 7 ; 3 fig. ; 1 tabl. ; bibl. 3 réf.
- (7). - FEODOROFF (A.) - 1962 - Ressuyage du sol et capacité de rétention pour l'eau :
Ann. agro. ; Paris ; Vol. 13 ; n° 6 ; p. 523 - 547 ; 6 tabl. ; 25 fig. ; bibl. 9 réf.
- (8). - FEODOROFF (A.) - 1965 - Etude expérimentale de l'infiltration de l'eau non saturante . Cas d'un sol initialement sec et d'un arrosage sans formation de plan d'eau en surface .
Ann. agro. ; Paris ; Vol. 16 ; n° 2 ; p. 127 - 175 et Vol. 16 ; n° 3 : p. 231 - 263 ; 11 tabl. ; 33 fig. ; 2 ann. ; bibl. 38 réf.
- (9). - HALLAIRE (M.) - 1953 - Diffusion capillaire de l'eau dans le sol et répartition de l'eau en profondeur sous sols nus et cultivés .
Ann. agro. ; Paris ; Vol. 4 ; n° 2 ; p. 143 - 244 ; 11 tabl. ; 38 fig. ; bibl. 28 réf.
- (10). - HALLAIRE (M.) - 1960 - Le problème du potentiel de l'eau dans le sol et de la disponibilité de l'eau pour la végétation :
Ann. physio. Vég. ; Paris ; n° 2 ; p. 119 - 130 ; 6 fig. ; bibl. 18 réf.
- (11). - HALLAIRE (M.) - 1960 - Les réserves en eau du sol et leur utilisation par la plante ;
C.R. V° Congr. Intern. du Génie Rural ; Bruxelles 1958 ; t. I ; Vol. I ; p. 226 - 249 ; 10 fig.

.../...

- (I2).- HALLAIRE (M.) - 1964 - Le potentiel efficace de l'eau dans le sol en régime de dessèchement .
in "Eau et Production végétale" ; IIRA ; Paris ; p. 27 - 62 ; 17 fig.;
bibl. 31 réf.
- (I3).- HENIN (S.) , FEODOROFF (A.) , GRAS (R.) et MONNIER (G.) - 1960 - Le profil cultural - Principes de physique du sol .
S.I.E.A. Ed. ; Paris ; 320 p.
- (I4).- RIOU (Ch.) et DUBOIS (G.J.) - 1966 - Premières mesures d'évapotranspiration potentielle en République du Tchad .
ORSTOM ; Fort-Lamy ; 10 p. ronéo ; 2 tabl.; 3 graph.; annexes; bibl.;
7 réf.
- (I5).- RODE (A.A.) - 1955 - Soil Science .
Oldbourne press distr. ; LONDON ; translated from Russian and published
by the Israel Program for Scientific Translations ; Jerusalem ; 1962 ;
517 p.
- (I6).- Rapports annuels de la ferme administrative de DILBINI, années 1964 et 1965 ;
Service Agric. et BDPA ; Fort-Lamy ; ronéo et manusc.

-----ooOoo-----

RESUME DE :

AUDRY (P.) - 1967 - Observations sur le régime hydrique comparé d'un Sol Ferrugineux Tropical faiblement lessivé sous savane et sous culture (arachide et pénicillaire); ORSTOM, Fort-Lamy, 26 p. ronéo, 10 fig., tabl., bibli (16 réf.); Communication présentée au Colloque sur la fertilité des sols tropicaux de Tananarive (19-25 nov. 1967);

Cette étude de régime hydrique comparée effectuée sur deux années a été réalisée par une méthode directe de prélèvements sur le terrain, assortie d'un ajustement graphique permettant d'estimer l'évapotranspiration réelle et d'en déduire l'évolution du stock d'eau du sol en fonction du temps.

Ce mode d'interprétation a permis

- de chiffrer sur deux années, les consommations d'eau respectives de la savane et de la culture ; de situer ces valeurs par rapport à l'évapotranspiration potentielle estimée, de distinguer et de préciser ainsi des cas d'évapotranspiration maximale et réduite et d'interpréter pour les cas d'évapotranspiration réduite, si la réduction est d'origine climatique ou liée aux caractères particuliers du couvert végétal;
- de conclure sur le bilan d'eau des sols, nul à l'échelle de l'année sous savane et à l'échelle de la rotation sous culture mais susceptible d'être nettement excédentaire sous certaines cultures;
- de tester par rapport aux données expérimentales la validité de certains schémas de mécanismes de la dynamique de l'eau dans le sol et d'en préciser les limites et modalités d'application en fonction de la différenciation du profil ; ceci permettant d'aboutir à une représentation synthétique des régimes hydriques, à une interprétation de l'équilibre dynamique climat-sol végétation et du rôle de ses différents éléments, et à la formulation d'hypothèses sur l'évolution du sol dans le cas de ruptures d'équilibre dans le sens bilan d'eau excédentaire.

L'ensemble de ces résultats est toutefois considéré comme provisoire et il est prévu de reprendre ces interprétations en possession de données ultérieures complémentaires devant permettre en particulier de vérifier la validité de certaines approximations et hypothèses : l'étude est actuellement poursuivie avec un système de prélèvements augmentant la précision des résultats, tandis que des expériences sont en cours et d'autres prévues pour cerner certains problèmes dynamiques précis. Il s'agit essentiellement de tenter une vérification directe sur le terrain de mécanismes supposés, dans leur ensemble et au niveau de leurs maillons décisifs.

Sur le plan de l'interprétation, le but ultime de cette étude est de situer ces données sur le régime hydrique dans le cadre le plus complet possible de l'étude de la dynamique des sols pour aboutir à une synthèse sur leur évolution en rapport avec les facteurs du milieu auxquels ils sont soumis.